

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2009-288938

(P2009-288938A)

(43) 公開日 平成21年12月10日(2009.12.10)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
G06F 17/50 (2006.01)	G06F 17/50 612G	5B046
B63B 9/00 (2006.01)	G06F 17/50 680B	
B63B 35/44 (2006.01)	B63B 9/00 Z	
	B63B 35/44 Z	

審査請求 未請求 請求項の数 12 O L (全 26 頁)

(21) 出願番号 特願2008-139382 (P2008-139382)
 (22) 出願日 平成20年5月28日 (2008.5.28)

(特許庁注：以下のものは登録商標)

1. QRコード

(71) 出願人 501204525
 独立行政法人海上技術安全研究所
 東京都三鷹市新川6丁目38番1号
 (71) 出願人 000144049
 株式会社三井造船昭島研究所
 東京都昭島市つつじが丘1丁目1番50号
 (74) 代理人 100110559
 弁理士 友野 英三
 (72) 発明者 矢後 清和
 東京都三鷹市新川6丁目38番1号 独立
 行政法人海上技術安全研究所内
 (72) 発明者 神田 雅光
 東京都昭島市つつじヶ丘1-1-50 株
 式会社三井造船昭島研究所内
 Fターム(参考) 5B046 AA03 JA07

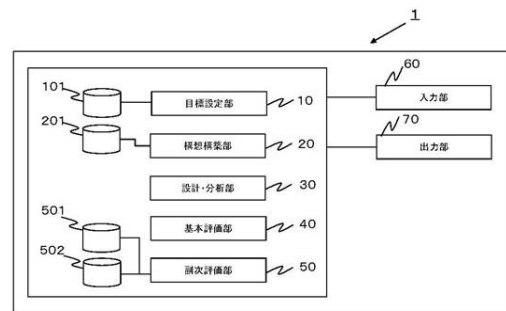
(54) 【発明の名称】 構造物の調和設計システム及び調和設計方法並びに調和設計用コンバートシステム、プログラム

(57) 【要約】 (修正有)

【課題】 構造物の使用条件（たとえば設置海域や係留）や利活用目的に合った構想構築を行い、基本設計や基本特性分析を通じ、安全性等の基本的項目、経済性等の副次的項目の各面で最適な構造物の構想を合理的かつ迅速に抽出できるようにする。

【解決手段】 使用条件や利活用目的に合った最適な構造物を設計するシステムにおいて、少なくとも構造物の使用条件と利活用目的が入力される目標設定部10と、この目標設定部10の設定に従って前記構造物の構想を構築する構想構築部20と、この構想構築部20の構想構築結果に従って前記構造物の基本設計及び/もしくは基本特性分析を行う設計・分析部30と、この設計・分析部30の基本設計結果および/もしくは基本特性分析結果に応じて前記目標設定部10で設定された前記構造物の前記使用条件に対する基本評価を行うための基本評価部40（さらに、副次評価部50を含む）を備えて構成される。

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

使用条件や利活用目的に合った最適な構造物を設計するシステムにおいて、少なくとも構造物の使用条件と利活用目的が入力される目標設定手段と、この目標設定手段の設定に従って前記構造物の構想を構築する構想構築手段と、この構想構築手段の構想構築結果に従って前記構造物の基本設計及び/もしくは基本特性分析を行う設計・分析手段と、この設計・分析手段の基本設計結果及び/もしくは基本特性分析結果に応じて前記目標設定手段で設定された前記構造物の前記使用条件に対する基本評価を行うための基本評価手段と、前記構想構築手段の構想構築結果を利用して前記目標設定手段で設定された前記構造物の前記利活用目的に対する副次評価を行う副次評価手段とを備えたことを特徴とする構造物の調和設計システム。

10

【請求項 2】

前記基本評価は安全性評価であり、前記副次評価は経済性評価及び/もしくは環境影響評価としたことを特徴とする請求項 1 記載の構造物の調和設計システム。

【請求項 3】

前記構造物の調和設計システムは、構造物に対応した少なくとも鋼材使用料情報を記憶した経済性情報記憶手段、及び/もしくは、構造物に対応した少なくともCO₂排出量情報及び/もしくはエネルギー消費量情報を記憶した環境影響情報記憶手段を備え、

前記副次評価手段は、前記経済性評価及び/もしくは環境影響評価として、構造物の建造から廃棄までの時系列的なステップ毎に、前記経済性情報記憶手段及び/もしくは前記環境影響情報記憶手段から前記構想構築結果に対応するものとして取得したステップ値を算出したことを特徴とする請求項 2 記載の構造物の調和設計システム。

20

【請求項 4】

前記使用条件は使用海域における海象条件とし、前記構造物は海洋で用いられる浮体とし、設計・分析手段は少なくとも前記浮体の前記使用海域における波浪応答解析を行ったことを特徴とする請求項 1 記載の構造物の調和設計システム。

【請求項 5】

前記構造物の調和設計システムは、少なくとも浮体形式及び構成部品を規格化させて規格ごとに記憶したタイプシップ記憶手段を備え、

前記構想構築手段における構想構築は、前記タイプシップ記憶手段に記憶され予め規格化された複数の構成要素の中から前記使用条件と前記利活用目的に沿って要素を選定して組み合わせることを特徴とする請求項 1 記載の構造物の調和設計システム。

30

【請求項 6】

使用条件や利活用目的に合った最適な構造物を設計する方法において、少なくとも構造物の使用条件と利活用目的が入力される目標設定ステップと、この目標設定ステップの設定に従って前記構造物の構想を構築する構想構築ステップと、この構想構築ステップの構想構築結果に従って前記構造物の基本設計及び/もしくは基本特性分析を行う設計・分析ステップと、この設計・分析ステップの基本設計結果及び/もしくは基本特性分析結果に応じて前記目標設定ステップで設定された前記構造物の前記利活用目的に対する基本評価を行うための基本評価ステップと、少なくとも前記構想構築ステップの構想構築結果を利用して前記目標設定手段で設定された前記構造物の前記利活用目的に対する副次評価を行う副次評価ステップとを備えたことを特徴とする構造物の調和設計方法。

40

【請求項 7】

前記構想構築ステップにおける構想構築は、少なくとも浮体形式及び構成部品が規格ごとに記憶されたタイプシップ記憶手段から前記使用条件と前記利活用目的に沿って選定した要素を組み合わせることを特徴とする請求項 6 記載の構造物の調和設計方法。

【請求項 8】

目的に合った最適な構造物を設計する方法において、少なくとも構造物の使用条件が入力される使用条件設定ステップと、前記構造物を構成する複数の構造要素を予め規格化する構造要素規格化ステップと、この構造要素規格化ステップで規格化された構造要素の中

50

から前記使用条件に合致した構造要素を選択し組み合わせる形式選定ステップと、この形式選定ステップで選定し組み合わせられた構造要素の設計数値を入力する数値入力ステップと、この数値入力ステップで入力された設計数値を基に構造計算を行う構造計算ステップと、この構造計算ステップの出力を前記使用条件に沿って評価する設計評価ステップを備えたことを特徴とする構造物の調和設計方法。

【請求項 9】

前記構造物は海洋で用いられる浮体とし、前記構造計算ステップで重量分布、構造強度等の静的構造計算と、波浪応答等の動的構造計算とを行ったことを特徴とする請求項 8 記載の構造物の調和設計方法。

【請求項 10】

前記形式選定ステップで選定し組み合わせられた構造要素を構成する内構材を選定するとともに、この内構材の設計数値を入力する内構材選定・数値入力ステップを備えたことを特徴とする請求項 8 記載の構造物の調和設計方法。

【請求項 11】

少なくとも構造物の使用条件と利活用目的が入力される目標設定手段と、少なくとも構成部品を規格ごとに記憶したタイプシップ記憶手段と、前記目標設定手段の設定に従って前記タイプシップ記憶手段に記憶された構成部品を選択することにより前記構造物の構想を構築する構想構築手段と、規格ごとに少なくとも安全性能を算出するための基礎情報を記憶した安全性能基礎情報記憶手段及び/もしくは規格ごとに少なくとも構造性能を算出するための基礎情報を記憶した構造性能基礎情報記憶手段と、前記構想構築手段の構想構築結果に適合する安全性能基礎情報及び/もしくは構造性能基礎情報を前記安全性能基礎情報記憶手段及び/もしくは前記構造性能基礎情報記憶手段から出力する評価基礎情報取得手段と、前記目標設定手段で設定された前記構造物の前記使用条件に対する基本評価を行う外部基本評価手段が処理可能な形式に前記評価基礎情報取得手段で出力された情報を変換するコンバート手段とを具備することを特徴とする構造物の調和設計用コンバートシステム。

【請求項 12】

コンピュータを、
 少なくとも構造物の使用条件と利活用目的が入力される目標設定手段と、
 この目標設定手段の設定に従って前記構造物の構想を構築する構想構築手段と、
 この構想構築手段の構想構築結果に従って前記構造物の基本設計及び/もしくは基本特性分析を行う設計・分析手段と、
 この設計・分析手段の基本設計結果及び/もしくは基本特性分析結果に応じて前記目標設定手段で設定された前記構造物の前記利活用目的に対する基本評価を行うための基本評価手段と、

少なくとも前記構想構築手段の構想構築結果を利用して前記目標設定手段で設定された前記構造物の前記利活用目的に対する副次評価を行う副次評価手段と

として機能させるためのプログラム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、例えば、海洋で用いる浮体の設計において、使用海域における海象条件等及び利活用目的等から浮体形式の構成を構想し、これに対して安全性や経済性（建造費、保守費及び便益費等）及び環境性等の評価を自動的に行うことで設計を最適化させるのを支援する構造物の調和設計システム及び調和設計方法並びに調和設計用コンバートシステム、プログラムに関する。

【背景技術】

【0002】

従来、構造物の設計は熟練した技術者や設計者のノウハウや思考に委ねられていたため、設計に長時間費やしていた。また、そのようにして作成した設計を基に構造物を構築し

10

20

30

40

50

ていくにつれ、例えば材料の強度不足、必要工数の増大等の建造費用の超過等の問題が発生することもあった。さらに、設計どおりの構造物が完成したとしても、運用上のコストが高かったり、エネルギー効率が悪いため環境負荷増大の原因になり得るものもあった。このことは、海洋で用いる浮体設計も同様に、技術者や設計者の知識、情報、経験及び感性といったものに大きく左右される高度な知的部分であり、先例のない場合は多種多様な構想が創出されるため設計に多大な時間や労力を有していた。また、近い既存例がある場合はそれを基に改造する方法が用いられていたが、建造費用の算出や安全性の検討、エネルギー消費量算出等を行い分析評価し、全ての条件を満たさない限りは設計段階に戻り修正する作業が発生していた。

【0003】

上記のことから、構造物設計の一連の手順を効率化することが必要であり、安全性評価を基本とした最適な設計計画を実現し得るシステム構築が求められる。この点で、特許の分野においては、構造物設計効率の向上を図るため、例えば、特許文献1、2、3、4に示すような対策が提案されてきた。

【0004】

この特許文献1は、特定の大きさの実験室内における信号伝搬特性と当該実験室内における信号伝搬特性を実現するための当該実験室内の環境との関係を予め実験的に求めておくとともに、設計対象となる室内における信号伝搬特性を上記実験室内における信号伝搬特性に換算し、当該換算された信号伝搬特性と、上記予め実験的に求められた上記実験室内における信号伝搬特性と上記実験室内における信号伝搬特性を実現するための上記実験室内の環境との関係とに基づいて、上記室内の環境を設計するものである。

【0005】

こうした構成をとっていたため、室内環境設計に係る室内空間における電磁波吸収面又は電磁波反射面の配置パターンのみを設計すべき室内の環境条件とするしかなく設定項目が限定され、構想段階でのモジュール選択等ができなかった。信号伝搬特性として遅延スプレッドをパラメータとし信号伝搬特性を換算して室内環境評価することしかできなかった。

【0006】

また、特許文献2は、CAD部により定義された構造物のCADデータと、CAE構解析部により検出された力学的応答量と、製作可否判断部により判断された製作可否情報と、コスト算出部により検出された製作コスト情報との相関関係を検出し、該相関関係に基づいて力学的応答量が構造物の設計条件を満足し、且つ製作可能で、且つ最小製作コストとなるように構造物の最適形状が検出されるまで構造物のCADデータを変更し、その変更したCADデータに基づいて当該相関関係を更新し、その更新された相関関係に基づいて構造物の最適形状を検出する最適化制御部を設けて構成される最適形状の設計システムを提供するものである。

【0007】

こうした構成をとっていたため、設計データ(例えば、緩衝材に係る重量、形状及び歪み等)を入力することしかできず、或いはデータベースに保存された先に設計済みの事例のCADデータをGUI(Graphical User Interface)等によりパラメータ変換することができなかった。また、力学的応答量、製作可否、製作コスト、加工性及び経済性を評価するのみとし、構想段階でのモジュール選択や環境影響評価等を行うことができなかった。

【0008】

また、特許文献3は、浮体式風力発電装置を設計するにあたり、複数の波浪条件の下で、波浪による応力の統計値から波浪による疲労被害度を求めるとともに、複数の風条件の下で、風による応力の時系列から風による疲労被害度を求める手順と、各波浪条件の発生頻度を考慮して、各波浪条件における波浪による疲労被害度をすべて加算した総合波浪疲労被害度を求めるとともに、各風条件の発生頻度を考慮して、各風条件における風による疲労被害度をすべて加算した総合風疲労被害度を求める手順と、前記総合波浪疲労被害度

10

20

30

40

50

と、前記総合風疲労被害度とを合算した合算疲労被害度を求める手順とを含む浮体式風力発電装置の設計方法を提供するものである。

【0009】

こうした構成をとっていたため、波浪条件と風条件との組合せのみに設定項目が限定され、構想段階でのモジュール選択等もできなかった。また、DF（疲労被害度）による評価のみとし、経済性評価や環境評価等もできなかった。

【0010】

また、特許文献4は、機器構造物の構造、材料等の設計仕様情報の入力を促す設計仕様入力手段と、設計仕様情報から構造パラメータを設定する構造パラメータ設定手段と、設計仕様情報から材料パラメータをその統計分布とともに設定する材料パラメータ設定手段と、構造パラメータ及び材料パラメータから機器構造物の温度・応力・ひずみ等の使用条件を算出する使用条件算出手段と、所定の期間における設計対象事象の生起確率を計算する事象生起確率評価手段と、生起確率と損害額との積からリスクを評価するリスク評価手段と、構造パラメータ及び材料パラメータから材料コストを求めるコスト評価手段とを備える技術思想を開示するものである。

10

【0011】

こうした構成をとっていたため、上記同様構想段階でのモジュール選択や環境影響評価等ができなかった。

【特許文献1】特許第3331595号公報

【特許文献2】再公2004-095320号公報

【特許文献3】特開2005-240785号公報

【特許文献4】特開2007-293574号公報

20

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0012】

本発明は、上記の従来技術の問題点を解決することを主眼としてなされたものである。例えば構造物を海洋で用いる浮体とした場合、該浮体が目標設定条件（必要条件）を満たすよう、構想段階においてGUIにより構成要素の規格化（タイプシップ）の選択及びそれらの組合せ等を可能とし、強度解析及び波浪応答解析等を踏まえて安全性を割り出すとともに、構成要素の規格化の選択及びそれらの組合せ等をベースとして経済性及び環境影響性を割り出す、高度な調和設計のための実用的支援ツールを実現するものである。この場合、「調和」とは、安全性、経済性、環境影響の側面を最適化ないしは最大限合理化することを意味する。ここで「安全性」とは、技術的評価の柱となる部分として、環境下（たとえば沖合海象下）で構造物として健全性が保たれることを意味する。「経済性」とは想定した目的を満たす事業性を有することを意味し、得られた便益と建造コスト、運用コスト、時には廃棄コスト等とのバランスを考慮した評価値である。「環境影響」とは、構造物（たとえば浮体）が設置、運用、廃棄される場合におけるエネルギー収支をベースとしたCO₂排出量削減効果、また環境（たとえば海域環境）への影響等を含むものを意味し、利活用目的とも深く関係する。

30

【0013】

すなわち本発明は、構造物（たとえば浮体）の使用条件（たとえば設置海域や係留）、や利活用目的に合った構想構築を行い、基本設計や基本特性分析を通じ安全性等の基本的項目、経済性、環境影響等の副次的項目の各面で最適な構造物の構想を合理的かつ迅速に抽出できるようにする構造物の調和設計システム及び調和設計方法並びに調和設計用コンパートシステム、プログラムを提供することを目的とする。

40

【課題を解決するための手段】

【0014】

かかる目的を達成するために、請求項1における構造物の調和設計システムに係る本発明は、使用条件や利活用目的に合った最適な構造物を設計するシステムにおいて、少なくとも構造物の使用条件と利活用目的が入力される目標設定手段と、この目標設定手段の設

50

定に従って前記構造物の構想を構築する構想構築手段と、この構想構築手段の構想構築結果に従って前記構造物の基本設計及び/もしくは基本特性分析を行う設計・分析手段と、この設計・分析手段の基本設計結果及び/もしくは基本特性分析結果に応じて前記目標設定手段で設定された前記構造物の前記使用条件に対する基本評価を行うための基本評価手段と、前記構想構築手段の構想構築結果を利用して前記目標設定手段で設定された前記構造物の前記利活用目的に対する副次評価を行う副次評価手段とを備えて構成される。

【0015】

ここで、構造物とは、建築物、建築物の内装、自動車、列車、船舶、浮体、航空機、工作機械、精密機械、家電製品、コンピュータ機器及び生活用品を含む全ての有体物を含み、設計を要するものであればいずれでもよく、上記に限定されることはない。

10

【0016】

また、使用条件とは、構造物の立地或いは設置環境に応じた条件等をいい、使用地域（例えば、国外及び/又は国内の陸、海或いは空等）、使用場所（例えば、屋外及び/又は屋内或いは他の地域又は港湾との距離関係等）、その他海象を含む環境に係る条件（例えば、天気、気温、風速、風力、地熱、太陽熱、紫外線量、空気鮮度、水深、波高及び潮流速度等）のうち少なくとも一つを示し、その他目的に応じて使用上必要な全ての条件を含み、これらに限定されることはない。

【0017】

また、利活用目的とは、構造物の上記記載の使用条件を考慮した利用、活用目的をいい、恒常的設置、資源探索、自然エネルギー利用、採掘、運搬等で表されるが、その他利活用上必要な全ての目的を含み、これらに限定されることはない。

20

【0018】

また、目的設定手段とは、使用条件及び利活用目的のうち少なくとも一つを選択するか、或いは入力し、建造後の構造物の目的が設定される機能を有するものであり、例えば、PC（パーソナルコンピュータ）、PDA（パーソナル・デジタル・アシスタント）及び携帯電話等の情報端末に係る操作画面上で操作をし、情報処理機能を実現するプログラム、ソフトウェア、かかるソフトを実行可能形式にして記録媒体に搭載したもの、ROM（リード・オンリ・メモリ）、アルゴリズムを電子回路化したもの（以下、「PC等」ともいう。）を含んで実現され得る。

【0019】

また、構想構築手段とは、構造物を建造するために、標準規格化された構造物或いは過去に建造された同等条件の構造物を基に、新たに建造され得る構造物に係る要素構造（部品）の形状、寸法、質量、重量、表面積、密度、体積、容積、材質、鋼材、トルク、弾性、塑性、脆性、せん断応力及び曲げ応力等の要素のうち少なくとも一つ或いはその組合せにより、要素構造を規格化し、それらを組み合わせ、必要な条件やデータ等を入力して該構造物の外形及び内部構造等を構想的に構築される機能を有するとともに、PC等を含んで実現され得る。

30

【0020】

また、設計・分析手段とは、構想構築手段により構想的に構築された構造物について、構造解析、地震応答解析、耐震解析、振動解析、応力解析、強度剛性解析、耐久・信頼性解析、表面解析、自動車衝突解析、熱流体解析、車両挙動解析、走行性解析、復原性分析、動的挙動解析、波浪応答解析、数値電磁界解析等その他全ての構造物に係る解析手法のうち少なくとも一つにより該構造物の設計及び分析を行わせ基本設計や基本特性分析が行われる機能を有するPC等を含んで実現され得る。

40

【0021】

また、基本評価手段とは、設計・分析手段により出力された構造物に係る基本設計や基本特性分析の結果と目的設定手段にて設定された構造物建造後の目的とから、該建造された構造物に係る安全性（例えば、構造強度、構造信頼性、動的特性、耐久性及び係留系安全性等を含む。）が評価される機能を有するPC等を含んで実現され得る。なお、「基本評価手段」には、基本評価を行う評価機能そのものの場合も含むが、評価機能はシステム

50

外部のものを利用し、本システムでは該システム外評価機能を利用するために評価対象データをコンバートして受け渡す機能の場合も含む。

【0022】

また、副次評価手段とは、構想構築手段により構想的に構築されたものを利用して目標設定手段で設定された構造物に係る利活用目的に照らし、経済性（例えば、建造費（エネルギー使用量、材料価格）、環境影響性（例えば、CO₂排出量、NO_x排出量、エネルギー消費量、材料使用量）、自然エネルギー利用効率、日照性、運転性、居住性、居住環境影響性、走行性、分解・破壊性等のうち少なくとも一つが評価される機能を有するPC等を含んで実現され得る。

【0023】

上記のように構成されることで、システムの利用者は、目標設定手段において構造物の使用条件及び利活用目的を入力した後、この目標設定に沿って構想構築手段で構造物の構想を構築できる。この構想について設計・分析手段において構造物の基本設計及び/もしくは基本特性の分析が行われた後に、目標設定手段で設定された構造物の使用条件に対する基本評価が基本評価手段においてなされる。さらにその上で、構想構築手段による構想構築結果を利用して構造物の利活用目的に対する副次評価が副次評価手段にて行われることになるので、利用者にとって、目標設定条件（必要条件）を満たすよう、構想段階においてGUIにより構成要素の規格化（タイプシップ）の選択及びそれらの組合せ等が可能となる。さらに、この構想構築に対して、安全性、経済性及び環境影響性が自動解析されるので、利用者にとって利便性の高い実用的支援ツールが実現される。

【0024】

また、上記構成に加え、本発明に係る構造物の調査設計システムは、基本評価は安全性評価であり、前記副次評価は経済性評価及び/もしくは環境影響評価としたことを特徴とする。

【0025】

ここで、安全性評価とは、利活用目的に照らし、構造物要件の決定、構造物形式の選定（例えば浮体の場合、搭載物の重量から排水量、デッキ構造の決定、復原性・固有周期から同調回避設計）、静的構造計算（主要構造の配置、内部構造設計からの重量分布、耐水圧）、動的構造計算（波浪応答等に基づき動揺から搭載物機能要件の決定、構造形態から動的応力変化の決定）、耐震強度、耐加速性能、耐火性能、耐積載荷重性能、耐水性能、材料力学的特性、構造力学的特性等を踏まえて、強度・動揺・耐久性等を含む評価を行ったり安全率、余裕率を算出する機能、或いはこれらに限らず、建築物、建築物の内装、自動車、列車、船舶、浮体、航空機、工作機械、精密機械、家電製品、コンピュータ機器及び生活用品を含む全ての有体物に係る固有の安全性に関する評価値を算出する機能をいう。

【0026】

また、経済性評価とは、先の建造費、エネルギー使用量、材料費等は無論、例えば建造に当たっての原材料費、労務費及びその他建造に必要な諸経費や鋼材使用量の他、エネルギー価格変動、費用対効果、費用削減効率、維持費、保守費、運用費、修繕費、減価償却費や市場売買価格等までも含むである。先に、構想構築手段で選択され組み合わせられた構成要素の規格化（タイプシップ）の結果及び/もしくは設計・分析手段において部材形状、素材、寸法、鋼材使用量、排水量、表面積等の情報が計算された結果、を基にして経済性評価がなされるものである。

【0027】

また、環境影響評価とは、構造物建造時のエネルギー使用量、CO₂排出量、材料使用量等の他、使用、利用に当たってのCO₂排出量、NO_x排出量、エネルギー消費量、廃材廃油その他産業廃棄物産出量、電力消費量等と環境負荷との関係、循環エネルギー効率等や廃棄時の廃材再利用率、リサイクル性等を含むものである。これらも、構想構築手段で選択され組み合わせられた構成要素の規格化（タイプシップ）の結果及び/もしくは先に設計・分析手段において部材形状、素材、寸法、鋼材使用量、排水量、表面積等の情報が

10

20

30

40

50

計算されることで上述機能が実現される。

【0028】

上記のように構成されることで、基本的な評価として安全性評価を採用し、副次的な評価として経済性評価及び/もしくは環境影響評価を採用するので、安全性、経済性及び/もしくは環境影響を組み合わせた最適化をなし得る構造物の設計を支援することが可能となる。

【0029】

また、上記構成に加え、本発明に係る構造物の調査設計システムは、前記構造物の調和設計システムは、構造物に対応した少なくとも鋼材使用料情報を記憶した経済性情報記憶手段、及び/もしくは、構造物に対応した少なくともCO₂排出量情報及び/もしくはエネルギー消費量情報を記憶した環境影響情報記憶手段を備え、前記副次評価手段は、前記経済性評価及び/もしくは環境影響評価として、構造物の建造から廃棄までの時系列的なステップ毎に、前記経済性情報記憶手段及び/もしくは前記環境影響情報記憶手段から前記構想構築結果に対応するものとして取得したステップ値を算出したことを特徴とする。

10

【0030】

ここで、構造物の建造とは、構造物のライフサイクルにおける初步的段階に当たり、設計を含み、計画・立案・施工・完了に至るステップを包含する概念である。

【0031】

また、構造物の廃棄とは、構造物の耐用年限が過ぎたり、寿命が尽きたり等した結果、構造物を廃棄する、ライフサイクルの最終段階をいう。ここで、「構造物の建造から廃棄までの時系列的なステップ」には、上記の構造物の建造時のステップ（すなわち計画ステップ、立案ステップ、施工ステップ、完了ステップを含むステップ）と構造物の廃棄ステップのみならず、その間の段階における使用、利用のステップも含まれる。

20

【0032】

上記のように構成されることで、副次評価手段は、構造物の建造から廃棄までの時系列的なステップ毎に、経済性情報記憶手段及び/もしくは環境影響情報記憶手段から構想構築結果に対応するCO₂排出量情報及び/もしくはエネルギー消費量情報を引き出すことができるので、経済性評価及び/もしくは環境影響評価が構想構築と連動して自動的に導き出し得る調和設計支援システムを実現できる。

【0033】

また、上記構成に加え、本発明に係る構造物の調査設計システムは、前記使用条件は使用海域における海象条件とし、前記構造物は海洋で用いられる浮体とし、設計・分析手段は少なくとも前記浮体の前記使用海域における波浪応答解析を行ったことを特徴とする。

30

【0034】

ここで、使用海域における海象条件とは、設計条件設定に関係の深い風、波浪、潮流、水深等に関する統計的な情報をいう。また、利用目的によっては、経済性評価において生産物の輸送が問題となり得ることを考慮して、離岸距離に係る情報をこれに含めても良い。本願発明の一実施形態においては、後述するように、インタフェース上で想定海域を選ぶことにより、DB（データベース）に記憶した情報が呼び出され、該当する海象条件情報が一連の解析に自動的に反映されるようになっている。

40

【0035】

また、波浪応答解析とは、浮体構成が決定されると復原性解析がなされて必要バラスト量等が計算されることで質量分布が明らかになった時点でなされる、動揺、内力計算、構成要素間の干渉作用、流体計算、構造計算（及びその前提となる部材剛性計算）を含む弾性応答一体解析をいう。これはかかる機能を実現するプログラム或いはかかるプログラムが記憶された媒体を内蔵することによって実現されてもよいし、或いはかかる機能を有する外部プログラム（システム）、たとえば超大型半潜水式波浪中構造応答解析プログラム等によって実現してもよい。後者を採用する場合、本願の一実施形態に係るシステムでは、当該外部解析プログラムに受け渡され得るデータフォーマットを持つ中間ファイル形式に落とし、コンバータを介してデータ受渡する機能を有するようにする。

50

【 0 0 3 6 】

上記のように構成されることで、海洋で用いられる浮体に関して、海象条件を設定することで、当該浮体の特定使用海域における波浪応答解析が行われるので、陸上とは異なる気象条件を持つ海上の浮体構造に対しても、調和設計による設計・計画をなし得る支援システムが実現できる。

【 0 0 3 7 】

また、上記構成に加え、本発明に係る構造物の調査設計システムは、前記構造物の調和設計システムは、少なくとも浮体形式及び構成部品を規格化させて規格ごとに記憶したタイプシップ記憶手段を備え、前記構想構築手段における構想構築は、前記タイプシップ記憶手段に記憶され予め規格化された複数の構成要素の中から前記使用条件と前記利活用目的に沿って要素を選定して組み合わせることを特徴とする。

10

【 0 0 3 8 】

ここで、構想構築とは、設計目標の構造物（たとえば浮体）を、所与の条件（上記の使用条件及び／もしくは利活用目的）を踏まえて、構造物形状、材質、剛性等の設計前段階の構想を立案し試行し蓄積してゆく作業、機能もしくは過程をいう。これまでは、計画設計者の知識、情報、経験、感性といったものに依存することが大きく、その分属人的要素に大きく左右されがちな高度知的活動部分であったものを、たとえ経験が浅い者であっても所与条件に見合う多種多様な設計を行うことを可能とするべく、既存例をタイプシップとして規格化し、これをユーザインタフェース（たとえば画面）上で選択してドラッグするという操作のみで入力を完了し、入力された要素に対しては後述の各種評価を自動的に

20

【 0 0 3 9 】

上記のように構成されることで、利用者のユーザインタフェース上での選択操作に基づき、構想構築手段がタイプシップ記憶手段に記憶された規格化浮体形式及び構成部品を検索・取得し、それを出力するので、利用者にとって、複数の構成要素の中から使用条件と利活用目的に沿った要素選定・組合せ操作が容易となる。

【 0 0 4 0 】

また、上記目的を達成するために、請求項 6 における構造物の調和設計方法に係る本発明は、使用条件や利活用目的に合った最適な構造物を設計する方法において、少なくとも構造物の使用条件と利活用目的が入力される目標設定ステップと、この目標設定ステップの設定に従って前記構造物の構想を構築する構想構築ステップと、この構想構築ステップの構想構築結果に従って前記構造物の基本設計及び／もしくは基本特性分析を行う設計・分析ステップと、この設計・分析ステップの基本設計結果及び／もしくは基本特性分析結果に応じて前記目標設定ステップで設定された前記構造物の前記利活用目的に対する基本評価を行うための基本評価ステップと、少なくとも前記構想構築ステップの構想構築結果を利用して前記目標設定手段で設定された前記構造物の前記利活用目的に対する副次評価を行う副次評価ステップとを備えて構成される。この場合、上記構成に加え、前記構想構築ステップにおける構想構築は、少なくとも浮体形式及び構成部品が規格ごとに記憶されたタイプシップ記憶手段から前記使用条件と前記利活用目的に沿って選定した要素を組み合わせるようにもできる。

30

40

【 0 0 4 1 】

これらの構成により、システムの利用者は、構造物の使用条件及び利活用目的に沿って構造物の構想を構築し、この構想について構造物の基本設計及び／もしくは基本特性の分析が行われた後に、使用条件に照らした基本評価が自動的になされ、さらにその上で、構想構築結果を利用して構造物の利活用目的に対する副次評価が自動的になされることになるので、設計者にとって、目標設定条件（必要条件）を満たすよう、構想段階において GUI により構成要素の規格化（タイプシップ）の選択及びそれらの組合せ等を含む設計動作が可能となる設計支援方法が実現される。

【 0 0 4 2 】

或いは、上記目的を達成するために、請求項 8 における構造物の調和設計方法に係る本

50

発明は、目的に合った最適な構造物を設計する方法において、少なくとも構造物の使用条件が入力される使用条件設定ステップと、前記構造物を構成する複数の構造要素を予め規格化する構造要素規格化ステップと、この構造要素規格化ステップで規格化された構造要素の中から前記使用条件に合致した構造要素を選択し組み合わせる形式選定ステップと、この形式選定ステップで選定し組み合わせられた構造要素の設計数値を入力する数値入力ステップと、この数値入力ステップで入力された設計数値を基に構造計算を行う構造計算ステップと、この構造計算ステップの出力を前記使用条件に沿って評価する設計評価ステップを備えて構成される。

【0043】

かかる構成により、GUIによって構造物の使用条件が入力されると、予め規格化された構造要素の中から当該使用条件に合致した構造要素が選択・組み合わせられた後、この選定し組み合わせられた構造要素の設計数値が入力されこれを元に構造計算が自動的に行われた上、更に構造計算結果に基づく設計評価が自動化されるので、これまで経験豊富な技術者や設計者によっていた設計作業が経験の少ない設計者によっても容易になされうることとなる。

10

【0044】

またこの場合、上記構成に加え、前記構造物は海洋で用いられる浮体とし、前記構造計算ステップで重量分布、構造強度等の静的構造計算と、波浪応答等の動的構造計算を行うようにすることもできる。

【0045】

かかる構成により、海上の浮体構造という、比較的難度の高い、様々な外象条件が複雑に絡み合う構造物であっても、設計作業の最適化支援を体系的に実現することができる。

20

【0046】

或いはこの場合、上記構成に加え、前記形式選定ステップで選定し組み合わせられた構造要素を構成する内構材を選定するとともに、この内構材の設計数値を入力する内構材選定・数値入力ステップを備えるようにすることもできる。

【0047】

かかる構成により、構造物を構成する内構材の設計数値が用いられることで、構造物の具体的な寸法等が計算により得られることから、剛性等による安全性評価、使用材料量等による経済性評価、廃棄時のCO₂排出量等による環境影響度評価等を自動的に行うことができる。

30

【0048】

さらに、上記目的を達成するために、請求項11における構造物の調和設計用コンバートシステムに係る本発明は、少なくとも構造物の使用条件と利活用目的が入力される目標設定手段と、少なくとも構成部品を規格ごとに記憶したタイプシップ記憶手段と、前記目標設定手段の設定に従って前記タイプシップ記憶手段に記憶された構成部品を選択することにより前記構造物の構想を構築する構想構築手段と、規格ごとに少なくとも安全性能を算出するための基礎情報を記憶した安全性能基礎情報記憶手段及び/もしくは規格ごとに少なくとも構造性能を算出するための基礎情報を記憶した構造性能基礎情報記憶手段と、前記構想構築手段の構想構築結果に適合する安全性能基礎情報及び/もしくは構造性能基礎情報を前記安全性能基礎情報記憶手段及び/もしくは前記構造性能基礎情報記憶手段から出力する評価基礎情報取得手段と、前記目標設定手段で設定された前記構造物の前記使用条件に対する基本評価を行う外部基本評価手段が処理可能な形式に前記評価基礎情報取得手段で出力された情報を変換するコンバート手段とを具備して構成される。

40

【0049】

安全性能基礎情報とは、規格ごとに安全性能を算出するための基礎情報をいい、たとえば構造物の剛性、モーメント等の情報を含む。

【0050】

構造性能基礎情報とは、規格ごとに構造性能を算出するための基礎情報をいい、たとえ

50

ば構造物のポアソン比、材質、寸法等の情報を含む。

【 0 0 5 1 】

安全性能基礎情報記憶手段とは、安全性能基礎情報を記憶させたファイルシステム、データベース管理システムその他特定のテーマに沿った情報を集めて管理し容易に検索・抽出等の再利用を可能とする記憶機能を有し、該情報を記憶するメモリー、ハードディスク等の記憶装置或いは記憶媒体にて実現され得る。

【 0 0 5 2 】

構造性能基礎情報記憶手段とは、構造性能基礎情報を記憶させたファイルシステム、データベース管理システムその他特定のテーマに沿った情報を集めて管理し容易に検索・抽出等の再利用を可能とする記憶機能を有し、該情報を記憶するメモリー、ハードディスク等の記憶装置或いは記憶媒体にて実現され得る。

10

【 0 0 5 3 】

評価基礎情報取得手段とは、後述の外部基本評価手段が評価を行うにあたり、引数として引き渡すことが必要となる情報であって、構想構築によって構築された構造要素に対応する情報を、安全性能基礎情報記憶手段及び/もしくは構造性能基礎情報記憶手段から検索・取得する機能をたとえばコンピュータに実現させるプログラム、かかるプログラムを記憶した記憶媒体等によって実現される。

【 0 0 5 4 】

外部基本評価手段とは、構造解析、地震応答解析、耐震解析、振動解析、応力解析、強度剛性解析、品質技術解析、表面解析、自動車衝突解析、熱流体解析、車両挙動解析、走行性解析、復原性分析、動的挙動解析波浪応答解析、数値電磁界解析等の解析を行うアルゴリズムを有する、本願に係るシステムの外部に接続可能な状態で配置されたプログラム、かかるプログラムを記憶した記憶媒体等によって実現される。代表的には、波浪応答解析プログラムシステムが挙げられる。

20

【 0 0 5 5 】

かかる構成により、目標設定手段で入力・設定された使用条件と利活用目的に沿って構想構築手段がタイプシップ記憶手段から規格化された構成部品を選択・構築し、その上で、評価基礎情報取得手段が安全性能基礎情報記憶手段及び/もしくは構造性能基礎情報記憶手段から構想構築結果に適合する安全性能基礎情報及び/もしくは構造性能基礎情報を取得し、コンバート手段がこれらの情報を外部基本評価手段が処理可能な形式に変換するので、種々の解析プログラムに接続が容易であり、各種解析プログラムを利用して構造設計等の支援を容易に受け得るシステムが実現される。

30

【 0 0 5 6 】

さらに、上記目的を達成するために、請求項 1 2 におけるプログラムに係る本発明は、コンピュータを、少なくとも構造物の使用条件と利活用目的が入力される目標設定手段と、この目標設定手段の設定に従って前記構造物の構想を構築する構想構築手段と、この構想構築手段の構想構築結果に従って前記構造物の基本設計及び/もしくは基本特性分析を行う設計・分析手段と、この設計・分析手段の基本設計結果及び/もしくは基本特性分析結果に応じて前記目標設定手段で設定された前記構造物の前記利活用目的に対する基本評価を行うための基本評価手段と、少なくとも前記構想構築手段の構想構築結果を利用して前記目標設定手段で設定された前記構造物の前記利活用目的に対する副次評価を行う副次評価手段として機能させるものである。

40

【 0 0 5 7 】

かかる構成により、コンピュータが、目標設定手段として機能して使用条件と利活用目的が入力・設定され、構想構築手段として機能して構造物の構想が構築され、設計・分析手段として機能して構想構築結果に沿った基本設計及び/もしくは基本特性分析が行われ、基本評価手段として機能して利活用目的に対する基本評価が行われ、副次評価手段として機能して造物の利活用目的に対する副次評価が行われるので、利用者はたとえば汎用の PC (パーソナル・コンピュータ) 上で簡便かつ容易に最適化設計を行うことができる。これに加え、これら機能がプログラムとして実現されることから、機能変更に対する保守

50

動作が容易化する。

【発明の効果】

【0058】

本願に係る構造物の調和設計システムによれば、利用者にとって、目標設定条件（必要条件）を満たすよう、技術者や設計者のノウハウや過去の蓄積が込められた規格化された構成要素を専門家でなくとも選択することにより構想構築ができ、また設計・分析ができるため、専門家と同等の設計が可能となる。しかも、これらの構成要素は、設計の積み上げにより適宜追加され厚くなり、ノウハウとして蓄積されることで、設計の熟練度を本システムにより設計に反映させることが可能となる。また、基本設計結果や基本特性分析結果が、基本評価に利用されるとともに、副次評価にも利用ができる。

10

【0059】

また、本願に係る構造物の調和設計システムによれば、基本的な評価として安全性評価を採用し、副次的な評価として経済性評価及び/もしくは環境影響評価を採用するので、選択した構成要素及びその組み合わせをベースに、強度や波浪応答等に代表される安全性評価以外の、経済性評価や環境影響評価がなされることも可能となる。

【0060】

さらに、本願に係る構造物の調和設計システムによれば、副次評価手段は、構造物の建造から廃棄までの時系列的なステップ毎に、経済性情報記憶手段及び/もしくは前記環境影響情報記憶手段から構想構築結果に対応するCO₂排出量情報及び/もしくはエネルギー消費量情報を引き出すことができるので、技術者や設計者のノウハウや過去の蓄積が規格化されて反映された構成要素をベースに、強度や波浪応答等に代表される安全性評価以外の、経済性評価や環境影響評価がなされることも可能となる。

20

【0061】

また、本願に係る構造物の調和設計システムによれば、海洋で用いられる浮体に関して、海象条件を設定することで、当該浮体の特定使用海域における波浪応答解析が行われるので、陸上とは異なる気象条件を持つ海上の浮体構造に対しても、技術者や設計者のノウハウや過去の蓄積が規格化されて反映された構成要素をベースにした調和設計が可能となる。

【0062】

さらに、本願に係る構造物の調和設計システムによれば、利用者のユーザインタフェース上での選択操作に基づき、構想構築手段がタイプシップ記憶手段に記憶された規格化浮体形式及び構成部品を検索・取得し、それを出力するので、利用者にとって、利用勝手がよい上に、技術者や設計者のノウハウや過去の蓄積が規格化されて反映された複数の構成要素の中から要素選定・組合せることにより設計でき、専門家と同等の設計が可能となる。

30

【0063】

また、本願に係る構造物の調和設計方法によれば、システムの利用者は、構造物の使用条件及び利活用目的に沿って構造物の構想を構築し、この構想について構造物の基本設計及び/もしくは基本特性の分析が行われた後に、使用条件に照らした基本評価が自動的になされ、さらにその上で、構想構築結果を利用して構造物の利活用目的に対する副次評価が自動的になされることになるので、利用者にとって、技術者や設計者のノウハウや過去の蓄積が込められた規格化された構成要素を専門家でなくとも選択することにより設計でき、専門家と同等の設計が可能となる。しかも、これらの構成要素は、設計の積み上げにより適宜追加され厚くなり、ノウハウとして蓄積されることで、設計の熟練度を本システムにより設計に反映させることが可能となる。また、基本設計結果や基本特性分析結果が、基本評価に利用されるとともに、副次評価にも自動的に利用ができる。

40

【0064】

また、本願に係る構造物の調和設計方法によれば、構想構築が構成部品を規格ごとに記憶したタイプシップ記憶手段から選定した要素を組み合わせることで構成することができ、システムの利用者は専門家でなくとも、専門家と同等の設計を、技術者や設計者のノウハウや

50

過去の蓄積が込められた規格化された構成要素を選択することにより容易に行うことが可能となる。

【0065】

さらに、本願に係る構造物の調和設計方法によれば、GUIによって構造物の使用条件が入力されると、技術者や設計者のノウハウや過去の蓄積が込められた規格化された構成要素の中から当該使用条件に合致した構成要素が選択・組み合わせられた後、この選定し組み合わせられた構成要素の設計数値が入力されこれを元に構造計算が自動的に行われた上、更に構造計算結果に基づく設計評価が自動化されるので、これまで経験豊富な利用者によっていた設計作業が経験の少ない設計者によっても容易になされ、設計の熟練度を本システムにより設計に反映させることが可能となる。

10

【0066】

また、本願に係る構造物の調和設計方法によれば、海上の浮体構造という、比較的難度の高い、様々な外象条件が複雑に絡み合う構造物に対して、重量分布、構造強度などの静的構造計算に加え、波浪応答等の動的構造計算をシステム的に実現することができ、精度の高い設計評価につなげることができる。

【0067】

さらに、本願に係る構造物の調和設計方法によれば、構造体を構成する内構材の設計数値が用いられることで、構造物の具体的な寸法等が計算により得られることから、剛性等による安全性評価、使用材料量等による経済性評価、廃棄時のCO₂排出量等による環境影響度評価等を更に詳しく自動的に行うことができる。

20

【0068】

また、本願に係る構造物の調和設計用コンパートシステムによれば、種々の解析プログラムに接続が容易であり、各種解析プログラムを利用して、専門家でないシステムの利用者であっても、専門家と同等の設計を、技術者や設計者のノウハウや過去の蓄積が込められた規格化された構成要素を選択することにより容易に行うことが可能とする構造設計等の支援を容易に受け得る。

【0069】

さらに、本願に係るプログラムによれば、利用者はたとえば汎用のPC（パーソナル・コンピュータ）上で、簡便かつ容易に構想構築ができ、また設計・分析ができるため、専門家でないシステムの利用者であっても、専門家と同等の設計を、技術者や設計者のノウハウや過去の蓄積が込められた規格化された構成要素を選択することにより容易に行うことが可能となり、最適化設計を行うことができる。また、基本設計結果や基本特性分析結果が、基本評価に利用されるとともに、副次評価にも自動的に利用ができる。これに加え、これら機能がプログラムとして実現されることから、機能変更に対する保守動作が容易化する。

30

【発明を実施するための最良の形態】

【0070】

以下、図面を参照して本発明を実施するための最良の形態について説明する。なお、以下では、本発明の目的を達成するための説明に必要な範囲を模式的に示し、本発明の該部分の説明に必要な範囲を主に説明することとし、説明を省略する箇所については公知技術によるものとする。

40

【0071】

本発明の一実施形態として、構造物を浮体とした場合を例にとり、以下に説明する。

【0072】

図1は、本発明の一実施形態に係る調和設計システム1の全体構成を示すブロック図である。同図に示すとおり、本発明に係る調和設計システム1は、目標設定部10、構想構築部20、設計・分析部30、基本評価部40、副次評価部50、入力部60、出力部70、目標設定記憶部101、タイプシッ記憶部2013、経済性情報記憶部501及び環境影響情報記憶部502を基本的な構成として備えている。

【0073】

50

目標設定部 10 は、後述の入力部 60 によって入力された、浮体に係る設置海域条件（例えば、波浪や潮流等を含む。）及び/または利活用目的（例えば、必要機材の耐動揺性や浮体規模等を含む。）等の情報が設定される機能を担う。

【0074】

構想構築部 20 は、（図示しない記憶手段に記憶される）標準規格化された構造物或いは過去に建造された同等条件の構造物に係る情報を基に、新たに建造され得る構造物に係る要素構造（部品）の形状、寸法、質量、重量、表面積、密度、体積、容積、材質、鋼材、トルク、弾性、塑性、脆性、せん断応力及び曲げ応力等の要素構造を規格化してタイプシップ記憶部 203 に記憶させ、利用者の操作に応じ、目標設定部 10 で入力・設定された条件に適合するデータをタイプシップ記憶部 203 から出力部 70 に出力させるものであり、利用者にとっては所望の要素を GUI（グラフィカル・ユーザ・インタフェース）上で選択するという操作のみによって要素設計、基礎データの作成ができるようにする機能を有する。

10

【0075】

設計・分析部 30 は、構想構築部 20 により構想的に構築された構造物について、構造解析、地震応答解析、耐震解析、振動解析、応力解析、強度剛性解析、耐久・信頼性解析、表面解析、熱流体解析、復原性分析、動的挙動解析波浪応答解析、数値電磁界解析等の解析を行うアルゴリズムを内包し、利用者の（たとえば）ボタン操作によって起動され、その解析結果を出力部 70 及び所定の記憶部（図示しない）に出力する機能を有する。

【0076】

基本評価部 40 は、設計・分析部 30 により解析・出力された構造物に係る基本設計や基本特性分析の結果と目標設定部 10 にて設定された構造物建造後の目的とから、建造された構造物について基本的な評価を行う機能を有する。基本的評価としては、最も代表的には安全性（例えば、構造強度、構造信頼性、波浪応答性、耐久性及び係留系安全性等を含む。）に係る評価が含まれる。

20

【0077】

副次評価部 50 は、構想構築部 20 により構想的に構築されたものを利用して目標設定部 10 で設定された構造物に係る利活用目的に照らして、副次的な項目について評価を行う機能を有する。この副次的な評価項目としては、代表的には、経済性（例えば、建造費（原材料費、労務費及びその他建造に必要な諸経費のうち少なくとも一つを含む。）、鋼材使用量、エネルギー使用量、材料或いはエネルギー価格変動、費用対効果、費用削減効率、維持費、保守費、運用費、修繕費、減価償却費及び市場売買価格等を含む。）、環境影響性（例えば、CO₂排出量、エネルギー消費量、材料使用量、廃材廃油その他産業廃棄物産出量、電力消費量、循環エネルギー効率、及び廃材再利用頻度等を含む。）に係る評価が含まれる。

30

【0078】

入力部 60 は、上述の設置海域条件及び/または利活用目的情報を含む各種情報を入力するための機能を有し、たとえばキーボード、マウス、テンキー、バーコード及びQRコード入力装置、音声入力装置、撮像装置等によって実現される。

【0079】

出力部 70 は、入力された各種情報及び/またはこれら情報を一定の（後述の）処理して得られる情報をディスプレイ、タッチパネル、プリンタ等によって出力する機能を担う。

40

【0080】

目標設定記憶部 101 は、ハードウェア的にはファイルシステム、データベース管理システムその他特定のテーマに沿った情報を集めて管理し容易に検索・抽出等の再利用を可能とする記憶機能を有し、該情報を記憶するメモリー、ハードディスク等の記憶装置或いは記憶媒体にて実現され得るものであり、ソフトウェア的には、使用条件に係る情報及び/もしくは利活用目的に係る情報を記憶させたものをいう。

【0081】

50

タイプシップ記憶部 2013 は、ハードウェア的にはファイルシステム、データベース管理システムその他特定のテーマに沿った情報を集めて管理し容易に検索・抽出等の再利用を可能とする記憶機能を有し、該情報を記憶するメモリー、ハードディスク等の記憶装置或いは記憶媒体にて実現され得るものであり、ソフトウェア的には、標準規格化された構造物或いは過去に建造された同等条件の構造物を基に、新たに建造され得る構造物に係る要素構造（部品）の形状、寸法、質量、重量、表面積、密度、体積、容積、材質、鋼材、トルク、弾性、塑性、脆性、せん断応力及び曲げ応力等の要素に係る情報を記憶させたものをいう。

【0082】

経済性情報記憶部 501 は、ハードウェア的にはファイルシステム、データベース管理システムその他特定のテーマに沿った情報を集めて管理し容易に検索・抽出等の再利用を可能とする記憶機能を有し、該情報を記憶するメモリー、ハードディスク等の記憶装置或いは記憶媒体にて実現され得るものであり、ソフトウェア的には、経済性に係る情報、例えば、建造費（原材料費、労務費及びその他建造に必要な諸経費のうち少なくとも一つを含む。）、鋼材使用量と価格、エネルギー使用量と価格、材料或いはエネルギー価格変動、費用対効果、費用削減効率、維持費、保守費、運用費、修繕費、減価償却費及び市場売買価格等に係る情報を記憶させたものをいう。

10

【0083】

環境影響情報記憶部 502 は、ハードウェア的にはファイルシステム、データベース管理システムその他特定のテーマに沿った情報を集めて管理し容易に検索・抽出等の再利用を可能とする記憶機能を有し、該情報を記憶するメモリー、ハードディスク等の記憶装置或いは記憶媒体にて実現され得るものであり、ソフトウェア的には、環境性に係る情報、例えば、CO₂ 排出量、材料使用量、廃材廃油その他産業廃棄物産出量、電力消費量等と環境負荷との関係、循環エネルギー効率、及び廃材再利用頻度やリサイクル性等に係る情報を記憶させたものをいう。

20

【0084】

目標設定部 10、構想構築部 20、設計・分析部 30、基本評価部 40 及び副次評価部 50 は、それらの情報処理機能を実現するプログラム、ソフトウェア、かかるソフトを実行可能形式にして記録媒体に搭載したもの、ROM、アルゴリズムを電子回路化したものを含んで実現され得る。

30

【0085】

なお、該調和設計システム 1 は、パーソナルコンピュータ、携帯電話及びその他の情報端末機器で実行可能とする独立式（スタンドアロン）或いはネットワーク（イントラネット、ローカルエリアネットワーク、インターネットを含む）を介して実行可能とするASP形式（アプリケーションサービスプロバイダー）でもよい。

【0086】

次に、本発明の一実施形態に係る調和設計システム 1 の動作を、図面を参照しながら説明する。

【0087】

図 2 は、本発明の一実施形態に係る調和設計システム 1 の全体的な動作・機能の流れを示すフローチャートである。

40

【0088】

まず、図 2 に示されるように、調和設計システム 1 が起動されると、入力部 60 を介して浮体に係る設置海域条件（例えば、波浪や風、潮流、水深等を含む。）及び/または利活用目的（例えば、必要機材の耐動揺性や浮体規模等を含む。）に係る情報が入力され、これらの情報が目標設定部 10 により設置海域条件情報及び/または利活用目的情報として（図示しない）RAM に設定されるとともに目標設定記憶部 101 に記憶される（ステップ F-10）。この利活用目的からは、後述の便益の算定が行われる他、浮体構造に対して利用上必要な機能要件が与えられる。これにはたとえば、搭載される必要機材の耐動揺性や経済性を満たす浮体規模などが含まれる。また、設置海域からは、波浪、風、潮流

50

などの自然環境条件、水深などの情報が与えられ、これらは浮体及び係留等の重要な設計条件となる。

【0089】

次に、構想構築部20によって浮体構成がGUI的に形成される(ステップF-20)。すなわち、上記で設定された海域条件、利活用目的から、利用者の判断により浮体形式が選定される際に、構想構築部20が浮体形式の構成に関しては簡便なインタフェースを用意してこれらを出力部70に出力するようにする。利用者はこの出力部70上の表示を見ながら、予め用意された基本要素を組み合わせることで、後述の安全性、経済性、環境影響等の解析に必要な基礎データを作成するものである。これにより波浪応答解析プログラムに必要なデータ(例えば、流体計算に必要なメッシュや構造計算に必要な部材剛性等を含む。)が浮体形成の構成と同時に生成され、一旦(図示しない)ファイルに落とされる。

10

【0090】

次に、コンバータ(図2で点線で示す)を介して波浪応答解析プログラムに受け渡されて波浪応答解析が実行される(ステップF-30)。すなわち上述したように、本願発明は、波浪応答解析プログラムを内包してもよいし、解析プログラムを外部プログラムとして、これを使用するためにこれにコンバータを介してデータ受渡するようにしてもよく、どちらの形態も本願に含まれる。たとえば後者の形態をとるとした場合が図の点線で示される形態であり、この場合には、設計・分析部30は、(図示しない外部の)波浪応答解析プログラムに受け渡され得るデータフォーマットを持つ中間ファイル形式に落とし、(点線の)コンバータを介して中間ファイル形式データを当該外部プログラムに受け渡す。なお、コンバータの種類に特に限定はないため、コンバータの種類を適格的に変更することにより波浪応答解析プログラムに限らず各種計算プログラムを連結・適用することも可能となる。

20

【0091】

次に、設計・分析部30(もしくはこれに接続された外部の解析プログラム)によって行われた波浪応答解析結果をもとに、基本評価部40が浮体に係る安全性評価(例えば、復原安定性等を含む。)を行い、この評価結果を出力部70に出力する(ステップF-40)。

【0092】

一方で、副次評価部50は、経済性情報記憶部501及び/もしくは環境影響情報記憶部502に記憶された情報を適宜参照し、経済性解析、環境影響評価等に必要なデータ(例えば、鋼材使用量、排水量、表面積等を含む。)も浮体形成の構成と同時に生成し、一旦中間ファイルに落とされる。その後、各種LCA(ライフサイクルアセスメント)を実施する(ステップF-60)。

30

【0093】

次に、浮体に係る経済性評価(例えば、コスト積算算定を含む。)或いは環境評価(例えば、環境評価算定等を含む。)が出力される(ステップF-70)。

【0094】

次に、本発明の一実施形態に係る調和設計システム1を実行可能とする出力部70に表示される画面構成にて、本実施形態に係る動作及び使用方法を具体的に説明する。

40

【0095】

図3は、本発明の一実施形態に係る調和設計システム1のプログラムメニュー画面である。同図に示すとおり、入力インタフェースとして、海域選択モジュール1001、上載物設定モジュール1002、材質種類設定モジュール1003、四角錐台部品設定モジュール1004及び係留設定モジュール1005を有し、これらは図1記載の目標設定部10で実行するし、図2記載の入力(F-10)に係る処理を行う。また、入力インタフェースは、浮体種類選択モジュール1006を有し、図1記載の構想構築部20で実行し、図2記載の入力(F-20)に係る処理を行う。なお、その他の入力インタフェースとして、各種入力情報のファイル出力を行う計算実行モジュール1007、入力情報の初期化

50

を行う入力情報初期化モジュール1008、該ファイルの読込を行うデータ読込モジュール1009及び入力した内容をファイル形式にて保存するデータ保存モジュール1010を実行し得る。また、出力インタフェースとして、波浪条件入力モジュール1101、期待値算出点選択モジュール1102、復原安定性結果出力モジュール1103及びLCAデータ出力モジュール1104を有し、これらは図1記載の構想構築部20、基本評価部40、副次評価部50で実行し、図2記載の出力(F-40、F-70)に係る処理を行う。

【0096】

図4は、本発明の一実施形態に係る調和設計システム1の海域選択モジュール1001の実行画面である。同図に示すとおり、海域選択モジュール1001の実行画面は、0.5°メッシュに区分した日本周辺海域10011を表示し、各メッシュは、個々の海域についての統計値を有する。また、海域選択に係る条件は、海域番号、水深(m)、離岸距離(km)、再現期間(年)、平均風速(m/s)、潮流速度(kt)、有義波高(m)及び平均波周期(s)を設定可能とし、これらの条件項目は随時追加、削除及び修正が可能とすることが好ましい。これにより、例えば、所定のメッシュを選択することで、該メッシュに係るメッシュ部分の海域の統計値を図1記載の目標設定記憶部101から呼び出し、海域選択に係る条件の数値入力部分10012に、所定の統計値が出力される。なお、該数値入力部分10012に図1記載の入力部60から直接数値を入力することもできることが好ましい。

10

【0097】

図5は、本発明の一実施形態に係る調和設計システム1の上載物設定モジュール1002の実行画面である。同図に示すとおり、上載物設定モジュール1002の実行画面は、基数設定部10021、外力入力数設定部10022及び基数・外力入力数値確定ボタン10023その他風向き(deg)、座標軸(m)、質量分布(ton/m)、風圧力分布(kN)、剛性分布(Nm²)、高さ分布(m)等(付番しない)に係る所定の数値を設定することができる数値設定部分を有する。これにより、例えば、基数を基数設定部10021に、外力入力数を外力入力設定部10022に、それぞれ入力し、或いはプルダウンメニュー機能により選択し、外部入力数値確定ボタン10023をクリックすると、入力項目数が決定され、全ての項目に入力される。なお、数値入力項目の種類、数或いは数値の桁数及び単位に制限はない。

20

30

【0098】

図6は、本発明の一実施形態に係る調和設計システム1の材質種類設定モジュール1003の実行画面である。同図に示すとおり、材質種類設定モジュール1003の実行画面は、材質等個数設定部10031及び個数確定ボタン10032その他ヤング率(Pa)、ポアソン比、密度(kg/m³)に係る所定の数値を設定することができる数値設定部分を有する。これにより、例えば、材質個数を材質個数設定部10031に入力し、或いはプルダウンメニュー機能により選択し、個数確定ボタン10032をクリックすると、該材質個数の数に応じて、ヤング率(Pa)、ポアソン比、密度(kg/m³)に係る所定の数値を入力する部分が画面表示され、必要な材質が入力できるようになる。なお、ヤング率は桁数が多くなるので、指数型での入力を可能とすることが好ましい。また、材質個数の設定数は限定されるものでなく、ヤング率(Pa)、ポアソン比、密度(kg/m³)に係る所定の数値を入力する部分の数も、スクロール機能等により画面表示可能とすることが好ましい。

40

【0099】

図7は、本発明の一実施形態に係る調和設計システム1の四角錐台部品設定モジュール1004の実行画面である。同図に示すとおり、四角錐台部品設定モジュール1004の実行画面は、部品設定数設定部10041、個数確定ボタン10042及び局所座標系10043その他座標系に係る所定の数値を設定することができる数値設定部分を有する。これにより、例えば、部品数を部品設定数設定部分10041に入力し、或いはプルダウンメニュー機能により選択し、個数確定ボタン10042をクリックすると、設定された

50

個数分のタブが表示され、各タブ内に所定の数値を入力することができる。こうした入力により、局座標系10043に、該タブに入力された数値を座標として頂点を形成する四角錐が表示される。なお、画面上表示可能なタブの数及び所定の数値に係る桁数は限定されるものではなく、スクロール機能等により画面表示可能とすることが好ましい。

【0100】

図8は、本発明の一実施形態に係る調和設計システム1の係留設定モジュール1005の実行画面である。同図に示すとおり、係留設定モジュール1005の実行画面は、パネ種類数設定部10051、個数確定ボタン10052及びその他パネ定数或いは減衰係数に係る所定の数値を設定することができる数値設定部分を有する。これにより、例えば、パネ種類数をパネ種類数設定部10051に入力し、或いはプルダウンメニュー機能により選択し、個数確定ボタン10042をクリックすることで、パネ定数或いは減衰係数に係る数値設定部分に数値が設定される。なお、画面上表示可能な数値設定部分の数及び所定の数値に係る桁数は限定されるものではなく、スクロール機能等により画面表示可能とすることが好ましい。

10

【0101】

図9は、本発明の一実施形態に係る調和設計システム1の浮体種類選択モジュール1006の実行画面である。同図に示すとおり、浮体種類選択モジュール1006の実行画面は、浮体種類としてSPAR(type1)、SPAR(type2)、3脚TLP、4脚TLP、ポンツーン及びセミサブとする選択可能な構成を形成し、部品設定ボタン10062を有する。これにより、例えば、SPAR(type1)を選択する場合、SPAR(type1)に係るラジオボタン10061(他のラジオボタンには付番しない。)を選択設定し、部品設定ボタン10062をクリックすることで、各浮体情報の設定画面に遷移する。なお、任意に部品を組合せ登録可能な任意部品情報設定画面への遷移を可能とする機能を有することが好ましい。また、浮体種類の選択可能な数はこれに限定されることなく、追加、削除及び修正は随時可能とすることが好ましく、必ずしもラジオボタンでの選択である必要もなく、画像を表示する必要は必ずしもない。

20

【0102】

図10A、図10B、図10Cは、本発明の一実施形態に係る調和設計システム1の浮体情報設定モジュールの実行画面である。図10Aに示すとおり、浮体情報設定に係る部品情報設定画面は、部品の寸法(m)、角速度(rad)及び喫水(m)に係る所定の数値を設定することができる数値設定部分(付番しない)、メッシュ分割設定部分(付番しない)及び該部品の上面図或いは側面図を表示する部品表示部1006-10及び部品に係る詳細設定を行う画面への遷移を実行することができる要目ボタン1006-20を有する。これにより、例えば、部品の寸法或いは角速度を設定することにより、部品表示部1006-10に所定の寸法或いは角速度を有する部品が表示される。その他、喫水やメッシュ分割の設定をし、要目ボタン1006-20をクリックすることで、図10Bに示す部品情報詳細設定画面に遷移することができる。なお、図10Aに示す画面構成に限定されることなく、設定項目は随時追加、削除及び修正を可能とすることが好ましい。

30

【0103】

上記記載の操作により、遷移した図10Bに係る部品情報詳細設定画面にて、該部品の詳細寸法(例えば、上部コラム径(m)、上部コラム高さ(m)、浮力体径(m)、浮力体高さ(m)、下部コラム径(m)及び下部コラム高さ(m)を含み、これらに付番しない。)或いは該部品の材質設定(例えば、上部コラム材質、浮体材質及び下部コラム材質を含み、これらに付番しない。)を行うことができる。このとき、部品表示部1006-30には、前述した部品の詳細寸法により設定した部品が表示される。なお、部品表示部1006-30に表示された部品を該表示部上で任意に寸法の設定を行うGUI機能を有することが好ましい。また、内構材設定ボタン1006-40(その他の内構材設定ボタンには付番しない。)をクリックすることで、図10Cに示す内構材設定画面に遷移することができる。なお、図10Bに示す画面構成に限定されることなく、設定項目は随時追加、削除及び修正を可能とすることが好ましい。

40

50

【0104】

上記記載の操作により、遷移した図10Cに係る内構材設定画面にて、上記記載の部品に係る内構材の詳細設定（例えば、内構材に係る数、高さ（mm）、厚さ（mm）、外板板厚に係る側面（mm）、上面（mm）及び下面（mm）、質量修正係数（Kw）、バラストに係る質量（t）及び格点倍率設定を含み、これらに付番しない。）を行うことができる。このとき、内構材表示部1006-50には、前述により設定された内構材の上面図、側面図（内部を視認可能とすることが好ましい。）或いは該内構材の一部品が表示される。なお、内構材表示部1006-50に表示された内構材を該表示部上で任意に寸法の設定を行うGUI機能を有することが好ましい。

【0105】

上記記載の一連の操作により、部品に係る全ての設定が終了し、必要に応じて該部品のデータ保存をすることができる。なお、該データを図1記載のタイプシップ記憶部203或いは所定のファイル形式（例えば、XML、HTML、JPG及びその他の形式を含む。）にて保存することを可能とすることが好ましい。該タイプシップ記憶部203に保存する場合は、上記記載の浮体情報設定を行う際に呼び出し可能な構成であることが好ましい。

【0106】

図11A、11B、11Cは、本発明の一実施形態に係る調和設計システム1の浮体情報設定の実行画面である。同図においては、図10A、10B、10Cにて説明した浮体情報設定と同様の操作のため、ここでの説明は省略する。

【0107】

図12は、本発明の一実施形態に係る調和設計システム1の安全性評価における復原安定性結果の出力画面である。同図において、復原安定性結果出力モジュール1103は、X軸回りGM（m）11031、Y軸回りGM（m）11032、重心高さ（m）11033、浮体傾斜角度（deg）11034及び浮体傾斜角度（deg）11035の値を表示する出力部分を有する。したがって、上記記載の入力（F-10、F-20）に係る処理にて各種条件設定及び浮体種類選択或いは部品構成を実行し、図2記載のコンバータを介して波浪応答解析プログラムにて波浪応答解析が実行され（F-30）、各値を有したX軸回りGM（m）11031、Y軸回りGM（m）11032、重心高さ（m）11033、浮体傾斜角度（deg）11034及び浮体傾斜角度（deg）11035の値が、画面に表示される。

【0108】

図13は、本発明の一実施形態に係る調和設計システム1のLCAデータの出力画面である。同図に示すとおり、LCAデータ出力モジュール1104の出力画面は、鋼材質量（t）11041、内部表面積（ m^2 ）11042、バラスト量（t）11043及び外部表面積（ m^2 ）11044の値を表示する出力部分を有する。したがって、上記記載の入力（F-10、F-20）に係る処理にて各種条件設定及び浮体種類選択或いは部品構成を実行し、図2記載の各種LCA（F-60）に係る処理を実行し、鋼材使用量、排水量或いは表面積等の情報を基に、鋼材質量（t）11041、内部表面積（ m^2 ）11042、バラスト量（t）11043及び外部表面積（ m^2 ）11044の値が、画面に表示される。

【0109】

また、同画面は、コスト積算算定表表示11045及び環境評価算定表表示11046の実行処理をキック（起動）し得るボタンを有する。これにより、コスト積算算定表表示11045をクリックすることで、上記記載の出力（F-60）に係る処理にて算出された浮体の建造に係る費用を表示する。また、環境評価算定表表示11046をクリックすることで、上記記載の出力（F-60）に係る処理にて算出された浮体の建造に係るエネルギー使用量、CO₂排出量等を表示する。

【0110】

10

20

30

40

50

なお、該波浪応答解析プログラムは、構造を3次元梁要素を用いて骨組み構造でモデル化し、要素間の相互干渉を考慮したポテンシャル理論により流体力を求める。計算結果の出力は梁節点の変位の周波数応答であり、変位応答の差分から梁に加わる内力の応答関数が求まるので、これらから安全性評価に必要な情報を算定する。また、波浪応答解析プログラムは直接的に構造の曲げモーメント等の内力を計算することができない。したがって、図14に示す本発明の一実施形態に係る調和設計システム1の安全性評価における波浪条件入力画面にて波浪条件を入力し、図15A、図15Bに示す本発明の一実施形態に係る調和設計システム1の安全性評価における期待値算出点選択画面で期待値算出点を選択することで、該波浪応答解析プログラムに係るプログラムの動作終了後、事後的に内力計算を行いたい要素番号を入力するなどして算出し、その出力値を用いて短期予測を行うことも可能とすることが好ましい。

10

【0111】

なお、本発明は上述した実施形態に限定されるものではなく、本発明の主旨を逸脱しない範囲内で種々変更して実施することが可能である。たとえば、上記の説明では、構造物として浮体を例にとった場合を説明したが、本願の技術思想は浮体に限らず、船舶、建築物、車両を含む各種構造物に対して摘要することができる。その場合、各種の条件としては、上記の説明の波浪に係る情報に換えて、耐震性や加速性等を適宜設定することができる。

【0112】

また、上述した実施例は、本発明に係る技術思想を具現化するための実施形態の一例を示したにすぎないものであり、他の実施形態でも本発明に係る技術思想を適用することが可能である。たとえば、安全性能基礎情報記憶手段および構造性能基礎情報記憶手段は上記では特に説明しなかったが、構造性能基礎情報記憶手段は、図10A、図10B、図10Cに係る部品の詳細寸法（例えば、上部コラム径（m）、上部コラム高さ（m）、浮体径（m）、浮体高さ（m）、下部コラム径（m）及び下部コラム高さ（m）を含む。）等を含む情報を記憶させておく記憶装置（図示しない）によって実現されてもよい。また、安全性能基礎情報記憶手段は、図12に係る復原安定性結果出力モジュール1103が表示する、X軸回りGM（m）11031、Y軸回りGM（m）11032、重心高さ（m）11033、浮体傾斜角度（deg）11034及び浮体傾斜角度（deg）11035等を含む情報を記憶させておく記憶装置（図示しない）によって実現されてもよい。

20

30

【産業上の利用可能性】

【0113】

本願に係る構造物の調和設計システムによれば、利用者にとって、目標設定条件（必要条件）を満たすよう、構想段階においてGUIにより構成要素の規格化（タイプシップ）の選択及びそれらの組合せ等が可能となる。さらに、この構想構築に対して、安全性、経済性及び環境影響性を自動解析できるので、利用者にとって利便性の高い実用的支援ツールが提供される。

【0114】

また、本願に係る構造物の調和設計システムによれば、基本的な評価として安全性評価を採用し、副次的な評価として経済性評価及び/もしくは環境影響評価を採用するので、安全性、経済性及び/もしくは環境影響を組み合わせた最適化をなし得る構造物の設計を支援することが可能となる。

40

【0115】

かかる本願特有の効果は、造船、建築産業は勿論のこと、多くの産業において共通して利用可能なものであり、本願発明が各種産業に対して与える利益は大きいものといえる。

【図面の簡単な説明】

【0116】

【図1】本発明の一実施形態に係る浮体の調和設計システム1の全体構成を示すブロック図である。

50

【図 2】本発明の一実施形態に係る浮体の調和設計システム 1 の全体的な動作・機能の流れを示すフローチャートである。

【図 3】本発明の一実施形態に係る調和設計システム 1 のプログラムメニュー画面である。

【図 4】本発明の一実施形態に係る調和設計システム 1 の海域選択モジュール 1001 の実行画面である。

【図 5】本発明の一実施形態に係る調和設計システム 1 の上載物設定モジュール 1002 の実行画面である。

【図 6】本発明の一実施形態に係る調和設計システム 1 の材質種類設定モジュール 1003 の実行画面である。

【図 7】本発明の一実施形態に係る調和設計システム 1 の四角錐台部品設定モジュール 1004 の実行画面である。

【図 8】本発明の一実施形態に係る調和設計システム 1 の係留設定モジュール 1005 の実行画面である。

【図 9】本発明の一実施形態に係る調和設計システム 1 の浮体種類選択モジュール 1006 の実行画面である。

【図 10A】本発明の一実施形態に係る調和設計システム 1 の浮体情報設定の実行画面である。

【図 10B】本発明の一実施形態に係る調和設計システム 1 の浮体情報設定の実行画面である。

【図 10C】本発明の一実施形態に係る調和設計システム 1 の浮体情報設定の実行画面である。

【図 11A】本発明の一実施形態に係る調和設計システム 1 の浮体情報設定の実行画面である。

【図 11B】本発明の一実施形態に係る調和設計システム 1 の浮体情報設定の実行画面である。

【図 11C】本発明の一実施形態に係る調和設計システム 1 の浮体情報設定の実行画面である。

【図 12】本発明の一実施形態に係る調和設計システム 1 の安全性評価における復原安定性結果の出力画面である。

【図 13】本発明の一実施形態に係る調和設計システム 1 の L C A データの出力画面である。

【図 14】本発明の一実施形態に係る調和設計システム 1 の安全性評価における波浪条件入力画面である。

【図 15A】本発明の一実施形態に係る調和設計システム 1 の安全性評価における期待値算出点選択画面である。

【図 15B】本発明の一実施形態に係る調和設計システム 1 の安全性評価における期待値算出点選択画面である。

【符号の説明】

【0117】

10 ... 目標設定部、20 ... 構想構築部、30 ... 設計・分析部、40 ... 基本評価部、50 ... 副次評価部

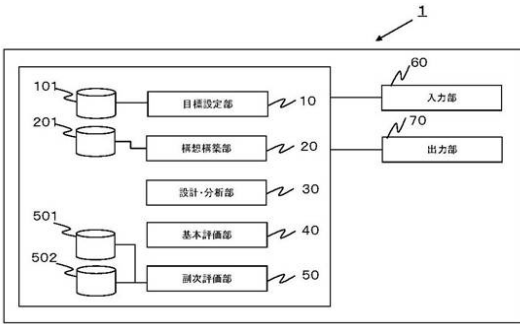
10

20

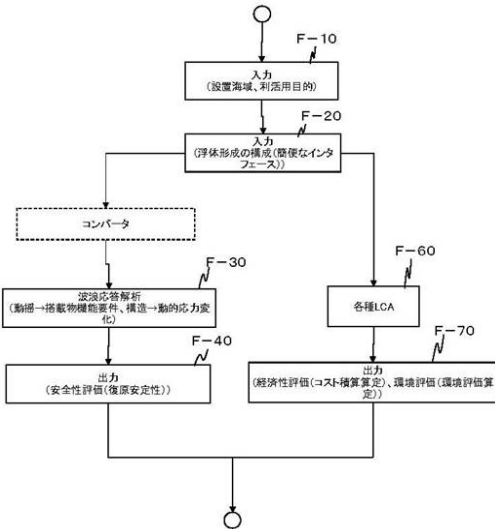
30

40

【 図 1 】



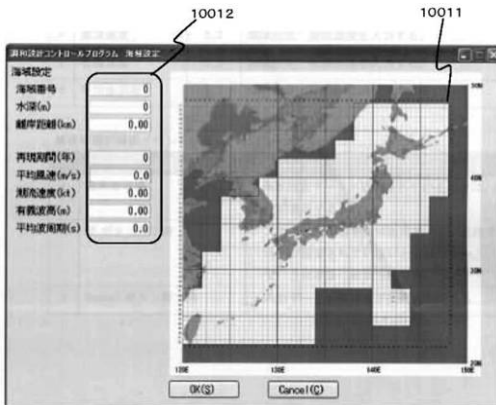
【 図 2 】



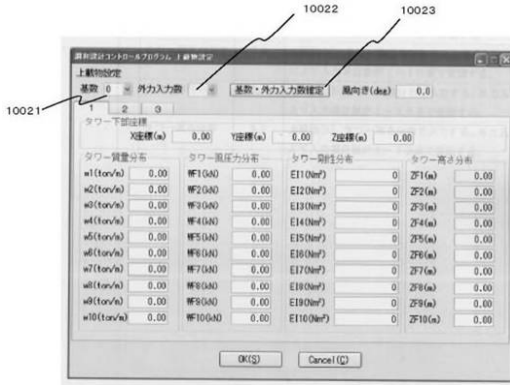
【 図 3 】



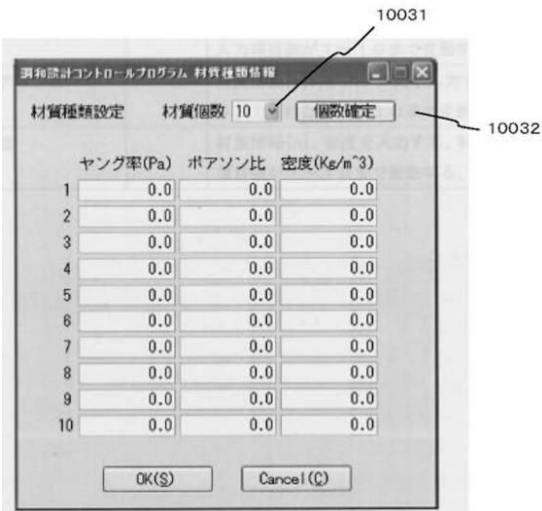
【 図 4 】



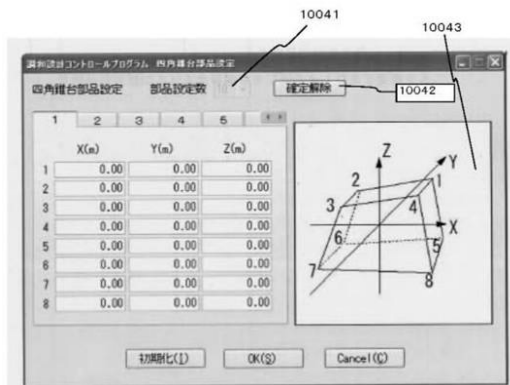
【 図 5 】



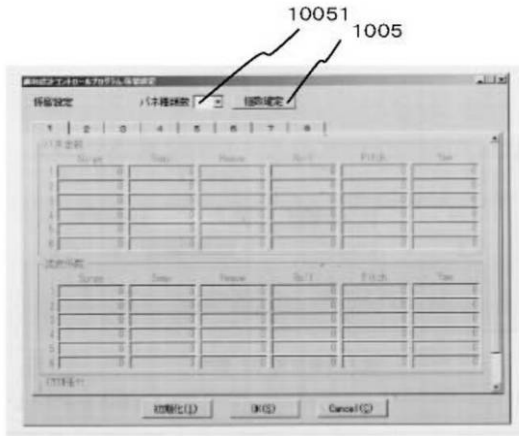
【 図 6 】



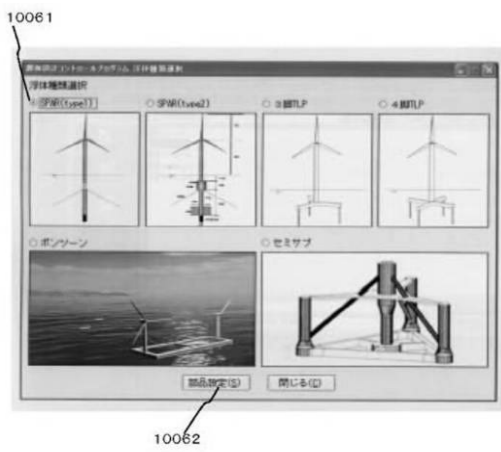
【 図 7 】



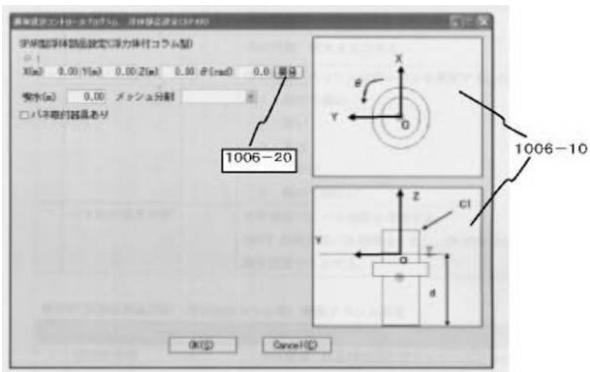
【 図 8 】



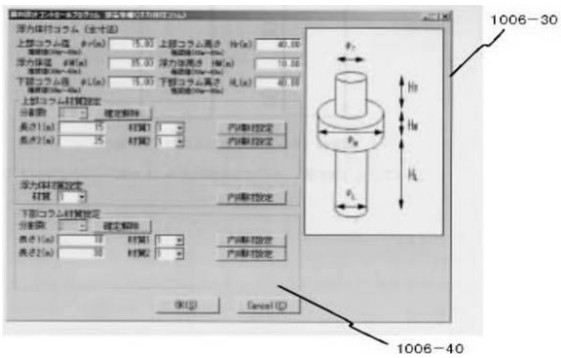
【 図 9 】



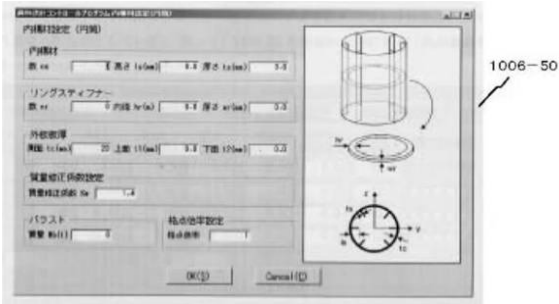
【 図 10 A 】



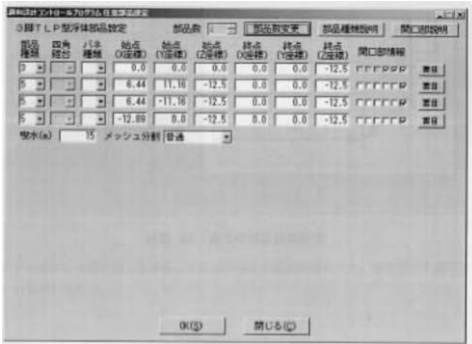
【 図 10 B 】



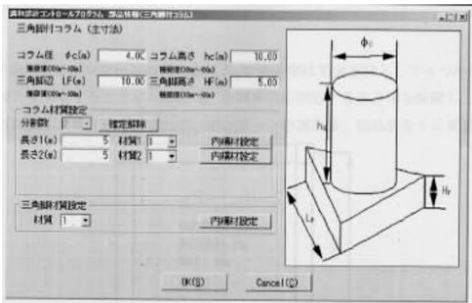
【図 10C】



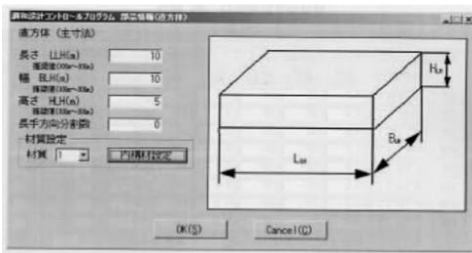
【図 11A】



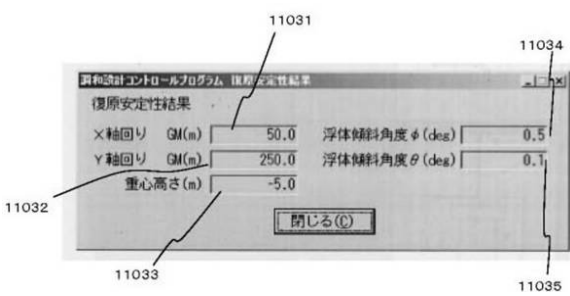
【図 11B】



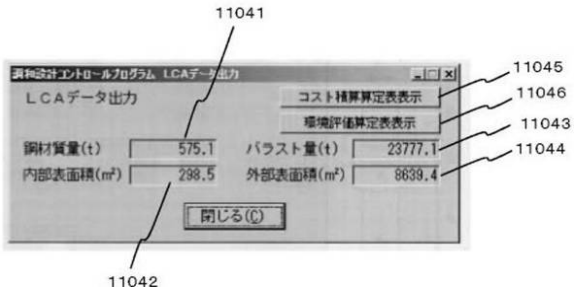
【図 11C】



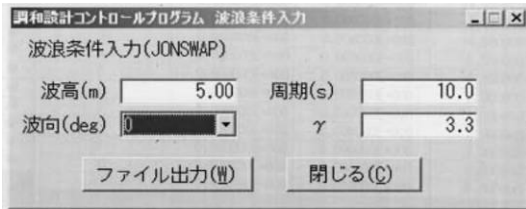
【図 12】



【 図 1 3 】



【 図 1 4 】



【 図 1 5 A 】



【 図 1 5 B 】

